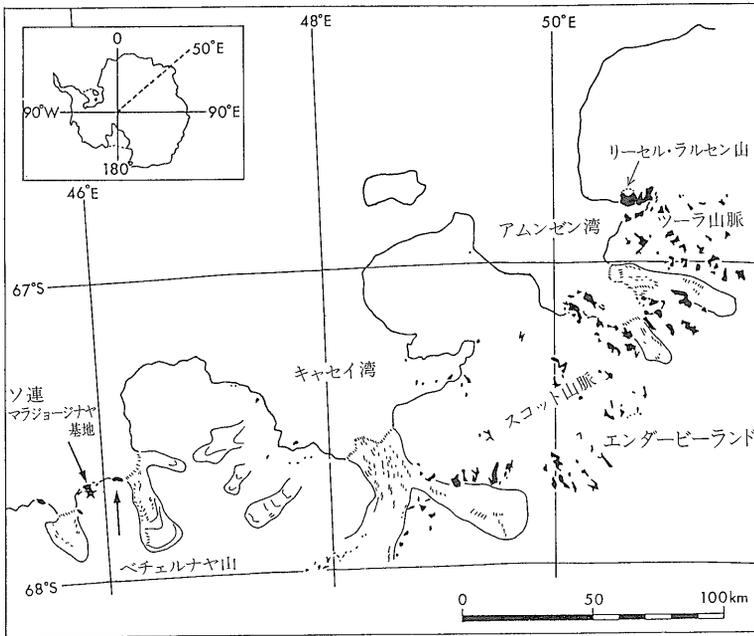


東南極ソ連マラジョージナヤ基地周辺の地質

—第29次日本南極地域観測隊に参加して(II)—

牧 本 博 (地質部)

Hiroshi MAKIMOTO



第1図 エンダービーランド沿岸の様子。黒く塗りつぶした部分が露岩を示す。

1. はじめに

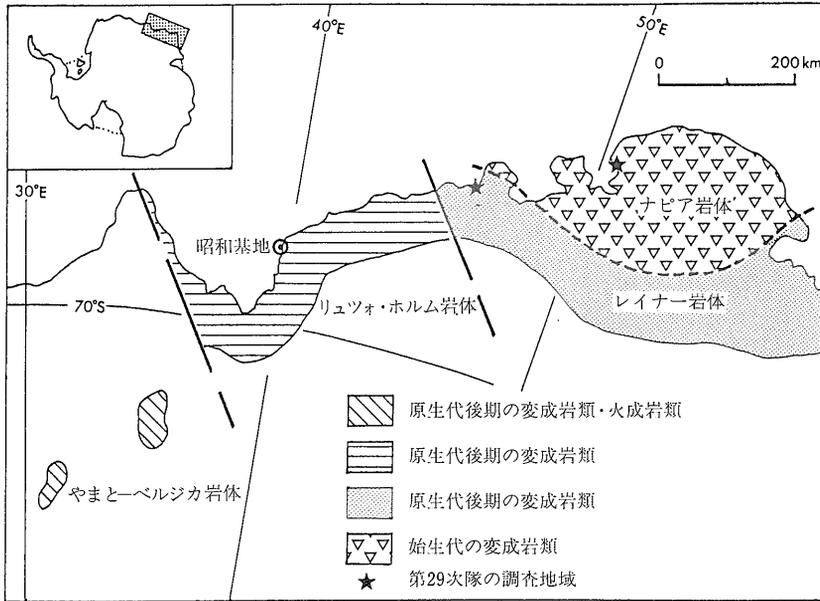
第29次観測隊地学部門の夏期調査のメインテーマ セールロンダーネ山地の地学調査(本誌1988年10月号)を終えて砕氷艦「しらせ」にもどったのは 1988年2月7日でした。この約1週間あと 東南極エンダービーランド(Enderby Land)を訪れ 沿岸地域の地学調査を実施しました。

この沿岸調査は 第29次隊から始まった研究課題「南大洋の地学総合調査」の一環として計画されたものです。そして 第29次隊では ソ連マラジョージナヤ基地周辺及びアムンゼン湾沿岸のリーセル・ラルセン山周辺の2地域が調査対象に選ばれ(第1図) 地学(地質・地形分野)及び生物調査が実施されました。この課題の実施にあたっては「しらせ」の帰国航路がこれまでのモーリシャス経由から 第29次以後は南極大陸に沿って東航しオーストラリア経由と変更され 南極圏での行動時間が長くなったことが大きな要素でした。

沿岸調査の前半に訪れたソ連マラジョージナヤ基地はエンダービーランドを構成する2岩体のうちの1つ 原生代変成岩類からなるレイナー岩体(Rayner Complex)の西端部に位置しています(第2図)。この地域の地質の様子を知ることは レイナー岩体はもちろん このすぐ西に分布する変成岩類(リュツォ・ホルム岩体)との関係を考えるうえでも重要です。マラジョージナヤ基地周辺の滞在は2月14日から17日まで 野外調査は実質2日とごく短期間でしたが すぐそばに海がひかえ セールロンダーネ山地のような内陸部とはまた違った南極の自然にふれることができました。ここではマラジョージナヤ基地周辺での地質調査の様子を中心にレイナー岩体の最近の研究について紹介しましょう。

2. エンダービーランドを構成する2つの岩体

エンダービーランドは東南極のうち東経45-55°の地域を指し 1930年 Douglas Mawson に率いられたイギリス



第2図 レイナー岩体とナピア岩体の分布。 原図は Shiraiishi et al. (1987)。 両岩体の境界は Sheraton et al. (1987) による。 日本隊が長年研究してきたリュツォ・ホルム岩体の変成年代は約7億年前です (Shiraiishi et al. 1987)。

ス・オーストラリア・ニュージーランド合同の観測隊が上陸して以後 オーストラリアヤソ連の研究者を中心に調査が進められてきました。 エンダービーランドには 先のレイナー岩体のほか 始生代変成岩類からなるナピア岩体 (Napier Complex) が分布しています。 ナピア岩体は Sovotovich et al. (1976) がほぼ40億年の Pb-Pb 年代を報告して以来 地球上最古の岩石の1つとして注目されています。 この2つの岩体の形成史相互の関係を明らかにすることは 始生代から原生代にかけての大陸地殻の形成や進化の解明に重要な糸口を提供するものです。

エンダービーランドを構成するレイナー岩体とナピア岩体は 主に次の3点から区別されています。

- 1) 変成年代が異なること。
- 2) ナピア岩体のほうが変成温度が高いこと。
- 3) ナピア岩体にはドレライト岩脈が存在するが レイナー岩体では同質の岩脈が変成してみられること。

以下 それぞれの点について Sheraton et al. (1987) に基づき簡単にまとめてみましょう。

まず 変成作用の年代は レイナー岩体では 後で示すようにほぼ10億年前とされています (Grew, 1978)。 一方 ナピア岩体のそれはずっと古く Rb-Sr や Sm-Nd を用いた全岩アイソクロン年代及びジルコンの U-Pb 年代として31億年-25億年の値が得られています。そして この間に少なくとも3回の変成作用があったと

考えられていますが 25億年以後は安定化し小規模な岩脈の活動のみが知られているだけです。

変成条件では レイナー岩体の変成作用は角閃岩相高温部からグラニュライト相に及び 角閃石や黒雲母などの含水鉱物やミグマタイト化した部分が存在することから水の分圧が高いことを示しています。 マラジョージナヤ基地周辺で求められた変成条件は 700°C, 5.5 kb です (Grew, 1981)。 これに対し ナピア岩体もグラニュライト相ですが メソパーサイトやサフィリン+石英 大隅石など 極めて高温条件が必要な鉱物が見だされています。 また 含水鉱物はほとんど含まれません。 ナピア岩体の変成条件は グラニュライト相でも 1,000°C 近くの高温で また水の分圧の極めて低い条件を示します。

さらに ナピア岩体に貫入する岩脈のうちで ドレライト質のものはアムンゼン岩脈とも呼ばれ 放射年代の測定から約12億年前に活動したことがわかっています。 ナピア岩体は約25億年前の変成作用を最後に安定化しており ドレライト岩脈は非変成のまま保存されますが レイナー岩体では貫入の後に約10億年前の変成作用を受けることとなります。これが 岩脈が変成されているか非変成かで 両岩体を区別できる理由です。

両岩体の境界の様子は 氷に覆われ露岩が欠如していて良くは分かっていません。 両岩体の境界はエンダービーランドの西部と東部で沿岸部にみられますが 西部

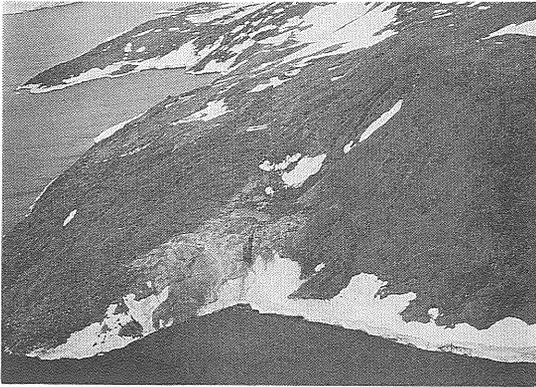


写真1 空からみたベチェルナヤ山北方。写真の方向は第3図に矢印で示す。左下半分の少し色の暗い部分が第3図のgg これを取り巻くのがチャーノッカイト質片麻岩です。また中央下の岩肌が白く見えるところがペンギンのルッカー。

では両岩体の移り変わりが明瞭で おそらく断層であろうと考えられています。一方 東部では両岩体は数10 kmにわたり漸移するとされています。

3. ベチェルナヤ山へ

沿岸調査隊の顔ぶれは 地質班が浅見正雄(岡山大)・Grew, E. S. (アメリカ)・筆者 地形班が安仁屋政武(筑波大)・林 正久(島根大) これに弓削田徹(日本電気)・佐藤哲夫(北海道大)・宇都正太郎(運輸省船舶技研)の3隊員が地質班の岩石試料採取のスケッチとして参加しました。また 生物班は大山第28次越冬隊長を含め4名でした。

1988年2月14日午後1時半過ぎ 私達調査隊を乗せたヘリコプターが「しらせ」を飛び立ちました。少し曇り空でしたがまずまずの視界でした。これより先 佐藤夏隊長・浅見リーダーほかが一番機でマラジョージナヤ基地に飛んでおり 調査地域の選定をしていました。実際に調査する場所の選定には ソ連基地から現地状況を聞くことが必要でした。

艦から約20分のフライトで陸地が近づいてきました。陸地の大部分は氷が占めていますが ところどころに岩肌が見えます。そのうちの最も大きいものにヘリコプターは接近しました。このとき印象深かったのは 塊状の赤茶けた岩肌で 後から地質図を見てわかったことですが 深成岩起源のチャーノッカイト質片麻岩でした(写真1)。

私達のヘリコプターが降り立ったのは マラジョージナヤ基地の東方約10kmのベチェルナヤ山近くの氷面で



写真2 ソ連製の雪上車。南極だけの日本と違って シベリアなど国内でも使用されているとのこと。

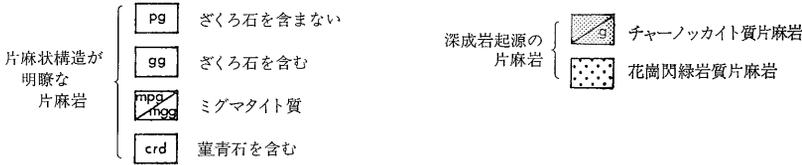
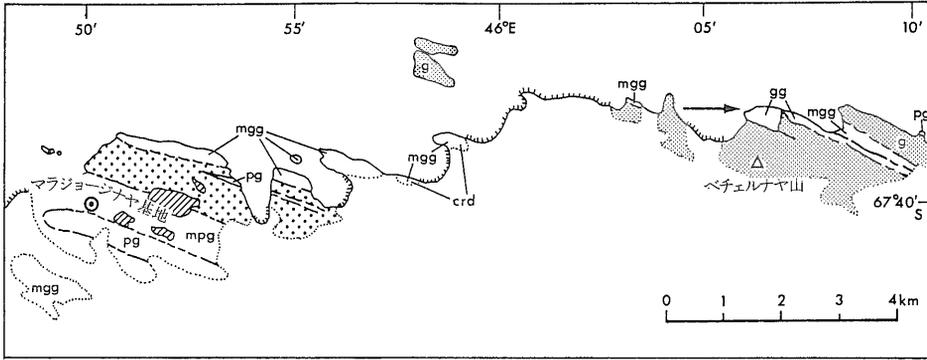
した。ベチェルナヤ山は高さ270mの緩やかな山で この付近が私達の調査地域となりました。この山の約2 km 東方には マラジョージナヤ基地の飛行場を維持するため夏の期間だけ開かれるベチェルナヤと呼ばれるフィールドベースがありました。先発した浅見リーダーの話によれば ソ連側の好意からベチェルナヤの施設に宿泊でき また食事も同施設の食堂でできることがわかりました。

マラジョージナヤ基地の隊員の案内で 物資をすばやくソ連製の雪上車に積み込み ベチェルナヤに向かいました。ソ連製の雪上車は キャタピラを含め全体が金属でできており(写真2) 氷面上を時速30km以上のスピードで走ります。セールロンダーネ山地で そりを引いて速くても15km位で走っていた私達から見ると ソ連雪上車はすごく速く感じられました。ベチェルナヤに到着後 さっそく部屋割・荷物の整理をし 宿舎周辺の予察にでかけました。

4. マラジョージナヤ基地周辺の地質

マラジョージナヤ基地周辺は 今回交換科学者として第29次隊に参加した Grew 博士が以前調査したフィールドでした(Grew 1978; 1981)。その研究結果によればこの地域の地質とその形成史はつぎのとおりです。

この地域の地質は 主に①片麻状構造が明瞭な片麻岩類(上記論文では well-layered gneisses と呼ばれています)と②深成岩起源の片麻岩類(同 plutonic gneisses)から構成されています(第3図)。そしてこれらの片麻岩類はともにグラニュライト相の変成岩です。このほか



第3図 マラジョージナヤ基地周辺の地質。 原図は Grew (1978)。

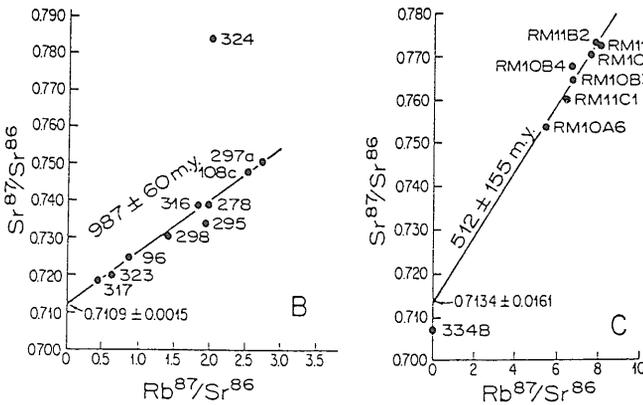
変成作用後の火成活動により 閃緑岩・花崗岩・ペグマタイトなどの岩脈が貫入しています。

片麻状構造の明瞭な片麻岩類は 輝石片麻岩・角閃石片麻岩・ざくろ石-黒雲母片麻岩及びざくろ石-輝石片麻岩の4岩相からなります。 ミグマタイト化がかなり広く認められ(第3図の mgs と mpg) その部分では上の4岩相と石英長石質片麻岩が厚さ数cm-15mの層として互層しています。 この片麻岩類は 片麻状構造が発達することと全岩の化学組成から堆積岩-火山岩起源とされています。 一方 深成岩起源の片麻岩類は まとまった分布を示し チャーノッカイト質や花崗閃緑岩質です。 岩石は均質であり 片麻状構造も稀にしか認められません。 チャーノッカイト質片麻岩が 片麻状構造

の明瞭な片麻岩類の構造を切って貫入するのが観察されています。

チャーノッカイト質片麻岩及び花崗岩岩脈の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は それぞれ 987Ma 512Ma です(第4図)。 片麻状構造の発達した片麻岩類のうち 石英長石質片麻岩も年代測定されていますが 点が分散しアイソクロンは引かれていません。 ただ 一部の試料で 2,120Ma のモデル年代が求められています。 そして 以上の年代測定をもとに 次のような形成史が立てられています。

- 約20億年前? 層状構造の明瞭な片麻岩類の原岩形成
- 約10億年前 チャーノッカイト質片麻岩の原岩の貫入と引続きグラニュライト相の変成作用



第4図 マラジョージナヤ基地周辺の岩石の Rb-Sr 全岩年代 (Grew, 1978)。 (左) チャーノッカイト質片麻岩 (右) 花崗岩岩脈。 なお試料324, 295 及び 334Bは年代決定には使用せず。 またそれぞれの年代は新しい壊変定数によれば 1,022Ma 及び 530Ma となります。

用
約5億年前 花崗岩やペグマタイトなどの岩脈の貫入

5. 露岩調査

調査期間が正味2日間と短かったため 歩き回ることをせず Grew 博士の案内で代表的な岩相を観察することにしました。調査には ソ連から発行されている1万分の1地形図を青焼きしたものを用意していました。

2月15日/第1日目は ベチェルナヤのすぐ西にひろがる露岩(第3図の gg 及び mgg の部分)を調査しました。露岩へは 宿舎の前にひろがる幅数10mのざらめ水を越すだけで クレバスの心配もなく このへんが夏の沿岸調査の良いところでしょう。露岩に取り付くと主要な岩相は 輝石片麻岩・黒雲母一角閃石片麻岩・黒雲母片麻岩などです。このなかに 多量のざくろ石を含む片麻岩類が約50m 離れて2層準に認められました(写真3)。岩石名でいえば 珪線石-ざくろ石-黒雲母片麻岩です。そして この片麻岩の一部には マラジョーシナヤ基地周辺でも産出報告の少ない堇青石も含まれていました。堇青石は岩石の形成条件を決めるときにぜひとも必要な鉱物です。

片麻岩類に見られる片麻状構造は 走向が西北西-東南東で北に50-80°と急傾斜しています。また 片麻岩には角閃石のような長柱状の有色鉱物の配列による線構造がしばしば観察され 軸の落しは東に5-20°でした。

このような片麻岩類を切って 花崗岩質ペグマタイトの岩脈が見られました。岩脈の幅は数cm-1mくらいです。岩脈は 片麻状構造にほぼ平行する方向と直交する方向に観察されました。輝石に富む片麻岩に岩脈が貫入している場合 岩脈に接した部分の片麻岩は 両

側とも幅数10cm ほどはもとの色より黒っぽくなっています(写真4)。岩脈の貫入に伴う熱の影響や揮発性成分の供給で 輝石が再結晶して角閃石を生じたためと考えられます。

この日の午後には 放射年代測定用の岩石採取をしました。ごく接近したところで しかもできるだけ広い組成範囲の岩相をといろいろ探しましたが 結局以前 Grew 博士が年代測定用に採取した試料のすぐそばを選び 片麻状構造に直交して合計5個採取しました(写真5)。これにはスケットで加わった3氏に懸命に頑張ってもらいましたが なにぶん硬い岩石で午後の大半を費やしました。

2月16日/2日目には 宿舎から西へ海を見ながらベチェルナヤ山の北まで移動し チャーノックait質片麻岩を中心に観察しました。チャーノックait質片麻岩は 中粒で比較的均質な岩石で 片麻状構造は極めて弱いものでした。斜長石・カリ長石・石英の珪長質鉱物の集合部は淡褐色を呈し この中に角閃石・輝石などの有色鉱物が散在している岩石です。全般に風化の程度が強く 放射年代用の新鮮な試料の採取が困難でした。

私達は露岩を調査しますが この上にはまばらですがモレーンの岩石が分布しています。この中には構成鉱物が細粒で変成度が低く結晶片岩と呼んでいいような岩石も混じっています。南極の岩石といえば粗粒な片麻岩が頭に浮かびますが このような岩石がどこから来たのか興味深く思いました。

6. ペンギンルッカリー

2日目の午後出かけたベチェルナヤ山北方 海に面して アデリーペンギンのルッカリーがありました(写真6)。1日目の調査でも ふと気が付くとペンギンがそ



写真3 ざくろ石-珪線石-黒雲母片麻岩の露頭写真

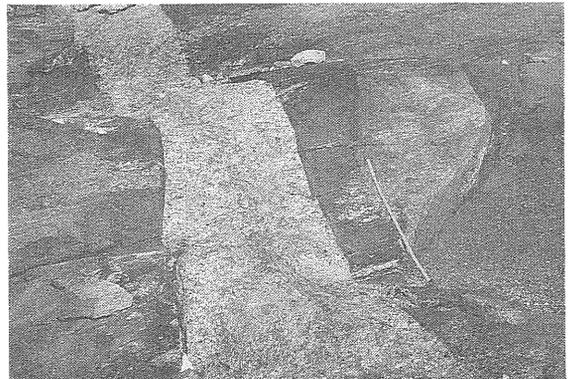


写真4 片麻岩に貫入するペグマタイト岩脈



写真 5 年代測定用の岩石試料を採取した露頭

ばにすることがあり 近くにいることはわかっていました。ソ連基地の人の話によれば このルッカリーには 5,000羽近くのペンギンがいるそうです。ベチェルナヤ山にヘリコプターで来た際 空から見えた白い岩肌の部分はペンギンのふんがついたためでした(写真1)。

ルッカリーに近づくと 最初はすごい臭いと思ったものの 人間のきゅう覚はすぐに慣れるもので 2, 3分すれば気にならなくなりました。

ゆっくりと近づくとぶんに逃げることはせず 急に近付いても一時声をあげてワーワー言うがすぐにやんでしまう。ペンギン同士ぶつかり合ってギャーギャーと言ひ合う様子 揃ってのどを上にして鳴く様子 親から餌をもらうひな 多くの人が動物園で経験するようにペンギンは見ている飽きないものでした。

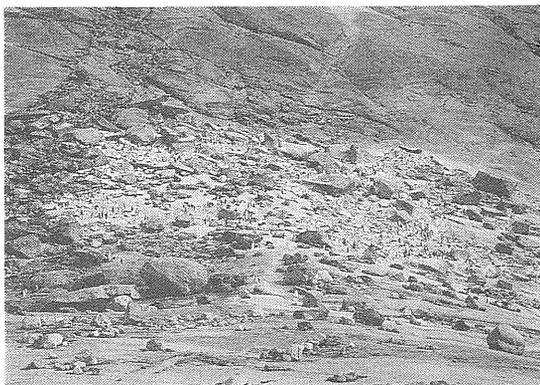


写真 6 A ペンギンルッカリーの様子

7. ベチェルナヤでの生活

マラジョージナヤ基地は 東経45°50' 南緯67°40' に位置し 現在7つあるソ連の越冬基地のうち最大のものです。夏期には170-180人が 越冬中は110-120人が滞在し 気象・地球物理関係が主に研究され 雪氷・地質・生物などの研究者もときに来るとのことです。

ベチェルナヤには 私達が訪問した時は20人弱のソ連隊員が生活していました。飛行場の維持ということで 機械や通信の人達が中心です。建物は 食堂を中心に 発電棟や居住棟が全部で10棟位ほぼ1列に並んでいます(写真7)。私達の大部分が宿泊した棟は もっとも東はずれにあり 円柱を横にした形で7mほどの奥行きがありました(写真8)。中は通路を挟んで両側に2段ベッドがあり 8人が寝ることができました。シーツも提供を受け電気があり まずは快適な環境といえました。

ベチェルナヤに着いた日と撤収の前日には 食堂で両国の隊員が会食をし 南極のことやそれぞれの国の話に花が咲きました。また 彼らもうすぐ交代の飛行機が来るとのことです 帰国を楽しみにしていました。彼らの南極滞在中の給与は国にいるときの2.5-3倍で また南極にいた間の土・日は帰国後休暇としてもらえるそうで 少しうらやましく感じました。

食堂は10数人が一度に食事できる広さで 窓際にはトマトやキュウリがなっていました。南極には 空の青雪と氷の白はふんだんにありますが やはり緑が恋しくなります。滞在2日目の食事からは ソ連風?に調理された日本の食品も出されました。私達は自炊を前提に食糧を持参していたので それをソ連側に提供したためです。サラダの具となったお米 焼かれてあ

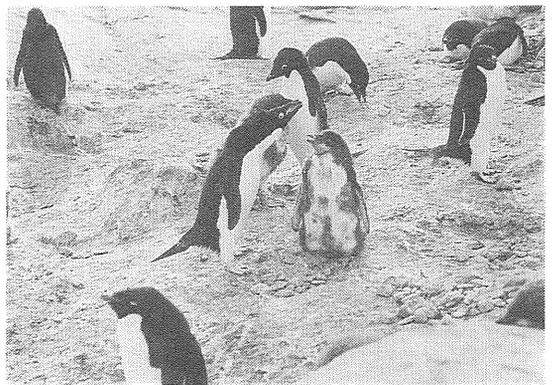


写真 6 B ペンギンの親とひな。親で背丈50cmくらい ひなは毛がまだ全部生え変わっていません。



写真 7 ベチェルナヤの様子

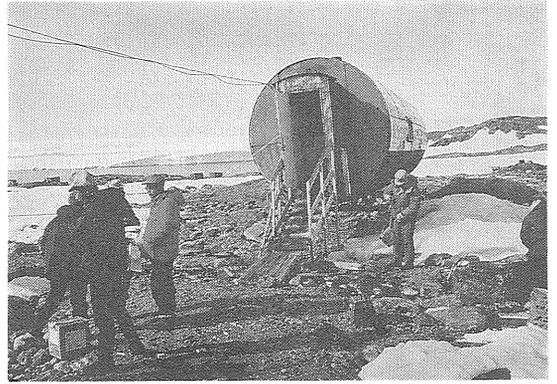


写真 8 私達の宿泊した宿舍

パン・豚パンに変身したあんまん・豚まんなど なかなか愉快なメニューでした。また ちくわ・めん太子や筋子などは 案外ソ連の人に好評のようでした。でもソ連基地ではアルコールの制限が厳しく まともに飲めるのは月1回というのは意外でした。

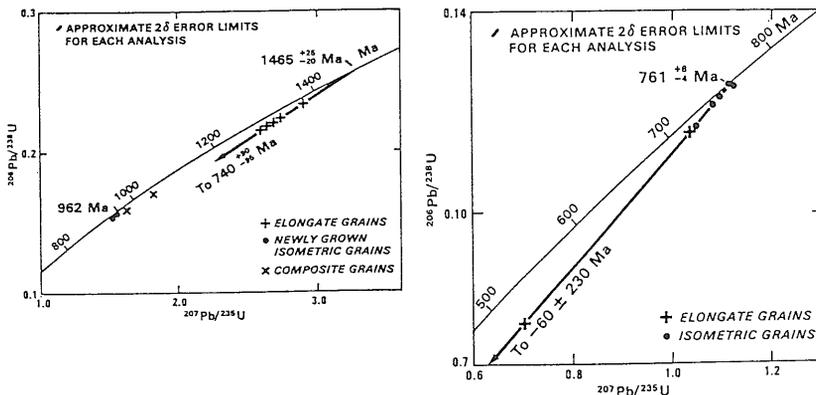
8. レイナー岩体の形成史

レイナー岩体の形成史のあらまは マラジョージナヤ基地周辺の研究結果 (Grew, 1978) から先に示したとおりです。この点での最近の知見では Black et al. (1987) のレイナー岩体に種々の年代測定を適用した研究があげられます。それによれば レイナー岩体西部の3地点から採取された深成岩起源の片麻岩(この中にはベチェルナヤ山近くのチャーノックait質片麻岩も含まれています)の火成源ジルコンは 1,425-1,488Ma の U-Pb 年代を示します(その1例が第5図左)。彼らは この U-Pb 年代から 片麻岩の原岩にあたる深成岩の活動は

約15億年前であり マラジョージナヤ基地周辺で報告された約10億年の Rb-Sr 年代 (Grew, 1978) はレイナー変成作用そのものの時代にあたるとなりました。また 岩体西部のペグマタイト岩脈のジルコンについても 761 Ma の U-Pb 年代を報告し 変成作用後の岩脈の活動がこの時期にも存在したことを示しました(第5図右)。

レイナー岩体の形成史は このほかナビア岩体との関係からも議論されています。両岩体の関係を考えるうえで重要なことは レイナー岩体の一部に ナビア岩体に特徴的な鉱物メソパーサイトがレリクトとして見いだされたり 大隅石やサフィリン+石英の低温側の分解生成物に相当する鉱物組合せが含まれていることです。このことや エンダービーランド東部で両岩体が漸移すること レイナー岩体に変成したアムンゼン岩脈が存在することなどから レイナー岩体はナビア岩体の一部が再変成してできたと考えられています (Sheraton et al. 1980)。

しかし レイナー岩体には ナビア岩体には由来しない



第5図 レイナー岩体の U-Pb 年代 (Black et al. 1987). (左) マラジョージナヤ基地東方約 150 km に位置する Mt. Fleet の花崗岩起源の片麻岩 granitic orthogneiss (右) 同じく Mt. Underwood のペグマタイト。



写真 9 マラジョージナヤ基地のソ連隊員との記念撮影(写真は林 正久隊員の提供)

いこの岩体独自の要素も認められます。例えば Sheraton et al. (1987) は 1)レイナー岩体には ナビア岩体に稀な大理石のような Ca に富む組成の堆積岩が産したり 泥質岩がずっと多く含まれていること さらに 2)これらの堆積岩起源の変成岩には アムンゼン岩脈の貫入が見られず この岩脈活動後の堆積作用により形成されたとみなすことができることを指摘しています。

また Black et al. (1987) は レイナー岩体西部の深成岩源の片麻岩について 1,650-2,180Ma の Sm-Nd モデル年代を報告しています。この Sm-Nd 年代は 深成岩を生じた始源地殻の形成が原生代であり始生代までさかのぼらないことを示しています。

このように レイナー岩体研究の現状は この岩体が一部はナビア岩体を起源とするものの レイナー岩体独自の堆積岩・火成岩の形成を通じて形成されたことを示しています。レイナー岩体の形成史の詳細はまだ不明ですが まさに大陸地殻がどのようにして成長してきたかの解明に結びつく問題ということが出来ます。今後の研究に注目したいと思います。

最後に Black et al. (1987) 及び Sheraton et al. (1987) によるレイナー岩体の形成史の概要を示しておきましょう。

- (25億年前) ナビア岩体の形成・安定化)
- 20-18億年前 始源地殻の形成
- 15億年前 始源地殻の溶融によるマグマの形成
- (12億年前) アムンゼン岩脈の貫入)
- 12-10億年前 堆積岩の形成
- 10億年前 レイナー変成作用<角閃岩相高温部—
グラニュライト相>
ナビア岩体の一部が再変成
- 7億7千万年前 } 花崗岩・ペグマタイトの貫入
- 5億年前 }

1988年12月号

9. おわりに

2月17日は 朝6時30分起床し 「しらせ」との通信の後 ベチェルナヤでの最後の朝食を取り 撤収の準備をしました。ソ連隊員を含めて記念撮影した後(写真9) 9時過ぎ迎えのヘリコプターがきて ソ連隊員の力強い握手に送られてベチェルナヤをあとにしました。

本調査では 初日の移動日だけが曇り空であとは晴天と 天候に恵まれました。ソ連基地にも宿泊でき 快適な調査ができました。当初 2月も半ばの日程で天候が心配され 調査自体の実施が危ぶまれていましたが 計画通り実施できて本当に良かったと思います。短期間の滞在で十分な調査ができたとはいえませんが 少しでもレイナー岩体の研究に役立てばと思います。

本調査が無事実施できたのは 第29次隊渡辺典興隊長・佐藤夏雄隊長ほか全隊員の理解と協力があつたからです。また 本田艦長以下 しらせ乗組員の方々の御支援のおかげです。ここに記して厚く感謝します。

文 献

Black, L. P., Harley, S. L., Sun, S. S. and McCulloch, M. T. (1987) The Rayner Complex of East Antarctica: complex isotopic systematics within a Proterozoic mobile belt. *J. metamorphic Geol.*, 5, 1-26.

Grew, E. S. (1978) Precambrian basement at Molodezhnaya Station, East Antarctica. *Geol. Soc. America Bull.*, 89, 801-813.

Grew, E. S. (1981) Granulite-facies metamorphism at Molodezhnaya Station, East Antarctica. *Jour. Petrology*, 22, 297-336.

Sheraton, J. W., Offe, L. A., Tingey, R. J. and Ellis, D. J. (1980) Enderby Land, Antarctica—an unusual Precambrian high-grade metamorphic terrain. *Jour. Geol. Soc. Australia*, 27, 1-18.

Sheraton, J. W., Tingey, R. J., Black, L. P., Offe, L. A. and Ellis, D. J. (1987) Geology of Enderby Land and western Kemp Land, Antarctica. *Australia BMR Bulletin* 223, 51p.

Shiraishi, K., Hiroi, Y., Motoyoshi, Y. and Yanai K. (1987) Plate tectonic development of late Proterozoic paired metamorphic complexes in eastern Queen Maud Land, East Antarctica. *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics* (ed. by McKenzie), Geophysical Monograph, 40, 309-318. AGU.

Sobotovich, E. V., Kamenev, E. N. Komaristyy, A. A. and Rudnik, V. A. (1976) The oldest rocks of Antarctica (Enderby Land). *Int. Geol. Rev.*, 18, 371-388.